

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

특 1997-0005750

(19) (19) 대한민국특허청(KR)  
(12)  
(12) 특허공보(B1)

引用例 2

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> (51) Int. Cl. <sup>6</sup> H01F 1/059	(11) 등록번호 (45) 공고일자 (11) 공고번호	1997년 04월 19일 특 1997-0005750
(21) 출원번호(21) 출원 번호	(65) 공개번호	특 1995-0031910
(22) 출원일자(22) 출원 일자	(43) 공개일자	1995년 12월 20일
(73) 특허권자(73) 특허 권자	경상북도 포항시 효자동 산 32 번지 산형식재단법인 산업과학기술연구소 <머그>내용<머그>포항종합제철 주식회사 김만재 경상북도 포항시 괴동동 1번지	
(72) 발명자	양홍진 경상북도 포항시 효자동 산 32번지 재단법인 산업과학기술연구소내 변갑식 경상북도 포항시 효자동 산 32번지 재단법인 산업과학기술연구소내 최승덕 경상북도 포항시 효자동 산 32번지 재단법인 산업과학기술연구소내 박언병 경상북도 포항시 효자동 산 32번지 재단법인 산업과학기술연구소내	
(74) 대리인	전준환, 손원, 김종윤	

심사관 : 양영선 (특허공보 제4223호)

(54) 수지자석을 사마리움-철계 영구자석 재료 및 그 제조방법

(72) 발명자

심사관 : (54) 요약  
내용없음.

발명서

[발명의 명칭]

수지자석을 사마리움-철계 영구자석 재료 및 그 제조방법

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 수지자석을 사마리움(Sm)-철(Fe)계 영구자석 재료 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세히  
는 수지자석의 자성분말에 사용되는 Sm-Fe계 영구자석재료 및 그 제조방법에 관한 것이다.

종래에 상업화되어 있는 전통적인 영구자석 재료로는 산화철 페라이트 자석(주성분으로 BaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 또는  
SrO·6Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 및 알니코자석(주성분으로 Fe-Co-Ni-Al-Ti-Cu)등의 에너지적이 낮은 보급형 영구자석이 있  
고, 또한 SmCo<sub>5</sub> 또는 Sm<sub>2</sub>Co<sub>7</sub> 조성을 근간으로 하는 희토류-코발트계 영구자석이 있다.

이들 영구자석 중에서 산화철 페라이트 자석은 자기특성이 열악하여 저급용으로 사용되고, 알니코 영구자  
석은 자기특성에 비해 재료비와 공정이 복잡하여 스피커, 계량기등 특수용도에만 사용된다.

한편, 에너지적이 높고 (B.H)<sub>m</sub>=20~30 밀리온 가우스(MGOe)) 큐리온도가 높아(Tc=700~800℃) 영구자석 재  
료로서 최상인 Sm-Co계 자석은 제조공정이 복잡하고 원료비가 비싸 고온용도의 제품에만 사용이  
제한된다(K.J.strnat and Hoffer : USAF Materials Lab. Report AFML TR-65-446(1966), K.H.J. Buschow,  
R.A.Haastepad and F.F.Westerndorp : J.Appl. Phys. 40, (1969)P.4029 및 D.K.Das : IEEE Trans. Magn.  
(1969)P.214)

이에 반하여 최근에는 Co 대신에 희토류-철계 영구자석등이 실용화되어 있는데, 그 대표적인 예로서  
Fe<sub>9</sub>Nd<sub>1</sub>B 조성의 화합물을 근간으로 하는 희토류계 영구자석을 들 수 있다.

상기 Fe<sub>9</sub>Nd<sub>1</sub>B 조성의 화합물 희토류 영구자석은 Co 대신 Fe를 근간으로 하며, 높은 에너지적((B.H)<sub>m</sub>=25  
~40 MGOe)과 높은 보자력(고유보자력 Hc=8~20KOe)을 보임으로써 영구자석의 새로운 활로를 개척하고

시장확대에 큰 역할을 하였다.

그러나, 상기 화합물-철계 영구자석은 큐리온도( $T_c$ )가  $310^\circ\text{C}$ 이하여서 높은 온도에서는 사용이 제한되고 부식성이 커, 아직도 사용에 많은 제한이 있는 실정이다.

(M.Sagawa, S.Fujimura, N.Togawa, H.Yamamoto and Y.Matsuura : J.Appl.Phys. 55, (1984)P.2083, M.Tokunaga, N.Meguro, M.Endoh, and S.Manigawa. IEEE Trans. Magn. 21, (1985)P.1964, J.Croat, J.F.Herbst, R.W.Lee and F.E.Pinkerton J.Appl.Phys. 55, (1984)P.2078).

이와같이 영구자석은 용도에 따라 다양한 영구자석 재료가 개발되어 사용되어 왔는데, 지금까지 희토류 원소로써 Sm을 사용한 Sm-Fe 영구자석 재료의 경우에는 경제적인 측면에서 잇점이 있으나 Sm-Fe 화합물을 제조하여 수지자석용으로 사용하기에는 자기 특성이 열화되어 실용화되지 못했다.

따라서, 본 발명은 경제성을 고려하여 저렴한 원료비가 소요되는 Sm-Fe계 화합물 화합물 영구자석 재료를 근간으로 하되, 조성을 변화시키고 자기특성이 우수하도록 조직을 변형시키므로써, 자기특성이 실용화에 문제가 없는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석재료 및 그 제조방법을 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

이하, 본 발명을 설명한다.

본 발명은 수지자석용 영구자석 재료에 있어서,  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$  화합물 조성식을 갖고, M은 Mo, V, Nb 및 Ti 중 에서 선택된 1종 또는 2종 이상이며, X는 0.2~2.0의 조성범위로 이루어짐을 특징으로 하는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료에 관한 것이다.

또한, 본 발명은 수식자석용 영구자석 재료의 제조방법에 있어서, 상기한 조성범위를 갖는 모재를 진공용 해한 후,  $10^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ /초의 냉각속도로 급냉하는 것을 특징으로 하는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료의 제조방법에 관한 것이다.

이하, 본 발명의 영구자석 재료에 대하여 상세히 설명한다.

통상적으로 희토류 원소 Sm을 Fe에 고용시키는데는 어려움이 있기 때문에, 본 발명에서는 Sm을 Fe에 용이 하게 고용할 수 있도록 Fe와 친화력이 큰 제3 원소를 첨가하는 동시에 상기 Sm-Fe계 화합물의 조성을 변화시키고, 그 조직을 변형시키므로써 자기 특성이 우수한 Sm-Fe계 영구자석 재료를 얻을 수 있는 것이다.

즉, 본 발명에 따른 영구자석 재료는 Sm-Fe 이성분계에 철과 친화력이 우수한 제3의 천이원소(M)인 Mo, V, Ti 및 Nb 중에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 첨가하여 합성한  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$ (X는 0.2~2.0) 화합물로 구성 된다.

이때, 상기 Mo, V, Nb 및 Ti은 Sm을 Fe에 고용을 촉진시키며 자기특성을 우수하게 하는 역할을 하게된다.

상기  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$ (X는 0.2~2.0)의 조성을 갖는 본 발명은  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  조성의 강자기특성을 가지는 주자성 상,  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  조성의 약자기특성을 가지는 제2 상 및  $\alpha\text{-Fe}$ 상 그외  $\text{Fe}_3\text{M}$  조성의 상자기특성을 가지는 제3 상이 형성되어 각 상의 특성에 의해 Sm-Fe계 영구자석 재료의 실용화가 가능한 것이다.

본 발명의 영구자석 재료의 각 조직에 대하여 설명하면 다음과 같다.

본 발명의 영구자석 재료의 조직중 주자성상인  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$ 는 강자기특성을 나타내며, 0.2~2.0m의 결정 입도를 가지며, 높은 자기자화력(또는 잔류자속 밀도)를 보이기 때문에 가장 중요한 자성상이 된다.

또한, 동시에 소량의  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  조성의 약 자기특성을 보이는 자성상이 생성되는데, 이  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  자성상은  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  결정입자들의 입경계선에서 좁은 대역을 이루며 형성되거나 새 결정립이 만나는 접합점 사이에 형성되기도 한다.

상기  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  자성상은 출발재료인  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$  영구자석 재료의 실용화가 가능하도록 보자력을 높여주는 역할을 한다.

그러나, 상기  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  자성상이 과도하게 생성되면 잔류자화력이 감소하여 전체적인 에너지적에 감소하므로 바람직하지 않다.

한편, 급속냉각과정 제3의 성분으로  $\text{Fe}_3\text{M}$  조성의 상자성상도 미량 생성되며, 이  $\text{Fe}_3\text{M}$  상은  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$  재료의 큐리온도 상승을 유발시키는 역할을 하게 된다.

상기  $\text{Fe}_3\text{M}$  상이 생성되는 형상은 주로  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  자성상 내에서 500~1500Å의 미립자 형상으로 석출하게 되나, 과도하게 생성될 경우  $\text{SmFe}_{1-X}\text{M}_X$  재료의 자기특성을 저하시키므로 바람직하지 않다.

상기한 바와같이, 본 발명의 영구자석 재료는 상기  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  강자성상이 주 조성이 되도록 천이원소의 조성 X를 조절하는 것이 중요하며, 이때 조성 X가 0.2 이하이면 본 발명의 영구자석 재료내에  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  상이 생성되지 않아 강자성 특성이 발생되지 않고, X가 2.0 이상이면  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  상이 약간 생성되고,  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  및  $\text{Fe}_3\text{M}$  상(또는  $\alpha\text{-Fe}$ 상)이 상대적으로 많이 생성되어 강자기특성이 발생되지 않기 때문에 조성 X는 0.2~2.0으로 조절하는 것이 바람직하며, 보다 바람직한 것은 X를 0.8~1.5으로 하는 것이다.

이하, 본 발명의 Sm-Fe계 영구자석 재료의 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.

본 발명에 따른 상기 조성의 출발재료를 진공용해하는데, 이때 용해는 진공중에서 유도 용해하거나 플라즈마 아크에 의해서 용해할 수 있다.

진공 용해한 후에 상기 화합물을 급속냉각하는 것이 중요한다. 본 발명에 있어서는, 본 발명자가 발명한

특히 제 48371호 및 제 61335호의 축출형 용융회전 기술에 의한 냉각방법 및 일반적으로 알려진 유도용해 기술(미국특허 제 4756775호)에 의한 냉각방법을 통하여 Sm-Fe계 영구자석 재료를 제조할 수 있다.

이때, 본 발명의 영구자석 재료는 일반적인 주조금 기술로는 얻어질 수 없는 0.2~2.0mm의 초미세립의 결정입도를 갖는 합금을 형성하기 위해서는 10<sup>6</sup>~10<sup>8</sup>°C/초의 냉각속도로 급냉하는 것이 바람직한데, 그 이유는 10<sup>6</sup>°C/초의 냉각속도 보다 느리면 주자성상인 Sm(Fe, M)<sub>2</sub>상이 형성되지 않아 강자성특성이 발생되지 않고, 10<sup>8</sup>°C/초 이상의 냉각속도로 급냉을 하게 되면, Sm(Fe, M)<sub>2</sub>상이 약간 생성되면서 상대적으로 비정질상의 Sm(Fe, M)<sub>2</sub> 및 α-Fe상이 많이 생성되어 강자성 특성이 발생되지 않기 때문이다.

상기와 같은 급속냉각으로 제조된 SmFe<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub> 화합물은 후속열처리를 하지 않은 상태에서도 수지 본드 자석(resin bonded magnet)용 재료로 사용될 수가 있으며 본 발명의 재료내에 생성된 Sm(Fe, M)<sub>2</sub>자성상의 결정입자들이 등방성 배향을 하고, 특히 결정입도가 작아(0.2~2.0μm), 등방성 수지자석용으로 사용된다. 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

[실시예 1]

SmFe<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub> 화합물을 x=0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 조성으로 하여 각각 진공실내의 석영관에서 유도용해한 후, 급속회전체 표면에 용사시켜 급속응고된 자성체 리본을 제조한다. 이때, 제조된 급속응고 리본은 10~50μm의 두께 및 폭 1~2mm 형상으로 하였으며 급속냉각시 사용된 급속회전체(구리합금으로 만들어졌음) 회전속도는 회전체 표면에서 30m/sec의 속도를 유지토록 하였다. 상기와 같이 제조된 자성체 리본은 X-ray 회절분석에 의해 미세결정립으로 구성된 것을 확인하였으며, 전자현미경 관찰에 의해 Sm(Fe, Mo)<sub>2</sub>의 결정입도가 1~2μm로 분포하고, 또한 Sm(Fe, Mo)<sub>2</sub> 입자경계선에 Sm(Fe, Mo)<sub>2</sub> 결정입자가 1μm 이하로 분포되어 있음을 확인하였다. 상기와 같이, 제조된 SmFe<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub> 급냉리본은 자기특성의 변화를 보기 위해, 650°C에서 30분간 소둔 열처리를 한 후, 열처리전후 리본 표면의 수직방향 및 수평방향(길이쪽)을 따라 자기특성을 측정하고, 또한 큐리온도를 측정하여, 그 결과를 하기표 1에 나타내었다.

이때 자기특성 측정에 사용한 측정기구는 진동시료 자력계이며(VSM) 외부자장 16kOe를 부하하여 측정하였고, 또한 큐리온도는 열자기곡선 측정기(TGA)를 사용하여 측정하였다.

[표 1]

SmFe <sub>1-x</sub> M <sub>x</sub> 조성	측정방향	열 처리 전			열 처리 후			큐리 온도 (°C)
		잔류자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	잔류자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	
발명예 1 x=0.2	수직	3.29	1.57	1.32	3.12	1.25	1.34	155
	수평	4.25	1.94	1.55	6.33	1.29	1.86	
발명예 2 x=0.4	수직	3.50	1.77	1.57	6.27	1.82	1.47	161
	수평	4.90	1.50	2.0	6.16	1.34	1.73	
발명예 3 x=0.6	수직	3.73	2.0	2.73	3.26	2.80	2.30	262
	수평	5.50	2.98	3.0	6.15	2.50	2.56	
발명예 4 x=0.8	수직	4.90	2.65	3.07	4.25	3.0	3.20	241
	수평	6.53	4.0	5.26	6.17	3.1	3.70	
발명예 5 x=1.0	수직	6.13	4.4	6.17	4.70	3.44	3.44	224
	수평	6.45	4.0	6.50	6.0	3.36	3.74	
종례 1 SmFe <sub>1</sub>	수직	3.62	1.0	1.23	3.80	0.5	1.0	151
	수평	5.80	1.0	1.21	6.0	0.43	1.4	

상기 표1에 나타난 바와같이 종례(1)의 SmFe 화합물의 경우에는 보자력이 너무 작고 따라서 자기에너지 밀도가 실용화에 부적합하였으나, 발명예(1-5)의 경우에는 종례(1)의 경우보다 자기특성이 향상되어 실용화가 가능한 최대 자기 에너지밀도를 나타내었으며, 특히 발명예(4) 및 (5)의 SmFeMo 및 SmFeMo 화합물의 경우에는 자기특성이 월등히 향상되어 최대 에너지밀도 5MGOe 이상임을 알 수 있었다.

한편, 자기특성의 측정방법에 따른 특성 차이는 크지 않으나, 열처리후의 자기특성에 열화가 수반되었는데, 이는 열처리후에 Sm(Fe, Mo) 자성상의 입도가 증가함과 동시에 약 자성상인 Sm(Fe, Mo) 자성상외 FeMo상의 생성이 증가되어 보자력의 현저한 감소가 발생하기 때문이다.

[실시예 2]

실시예 1에서와 같이, SmFe<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub> 화합물을 x=0.2~2.0의 조성으로 하여 실시예 1과 동일한 방법으로 급속응고된 자성리본을 제조하고, 각각에 대하여 자기특성 및 큐리온도를 측정하고, 그 결과를 하기 표2에 나타내었다.

[표 2]

SmFe <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> 조성	수정방법	임 치 리 전			임 치 리 후			큐리온도 (°C)
		강유자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	강유자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	
발명예 6 x=0.2	수직	4.3	2.2	2.0	4.2	2.0	1.9	220
	수평	5.0	1.5	2.1	5.2	1.4	2.0	
발명예 7 x=0.4	수직	4.3	2.3	2.2	4.5	2.0	2.1	241
	수평	5.3	2.1	2.5	5.5	2.0	2.4	
발명예 8 x=0.6	수직	4.53	2.5	3.3	5.2	2.3	3.3	262
	수평	6.35	3.4	3.4	6.7	3.1	3.5	
발명예 9 x=0.8	수직	4.5	3.0	4.5	5.35	3.0	4.3	304
	수평	6.5	3.9	4.4	6.4	3.9	4.0	
발명예 10 x=1.0	수직	5.13	5.0	5.1	5.0	4.5	5.0	355
	수평	6.5	5.0	6.5	6.3	5.0	5.0	
발명예 11 x=1.5	수직	5.0	4.9	5.0	5.0	4.5	4.8	340
	수평	6.3	5.8	5.0	6.0	5.5	5.8	
발명예 12 x=2.0	수직	4.6	3.0	4.2	4.4	4.5	4.5	338
	수평	5.0	3.5	4.2	5.3	5.4	5.5	

상기 표2에 나타난 바와같이 발명예(6-12)의 경우에는 실시예 1의 Mo를 첨가한 경우와 마찬가지로 자기특성이 우수하며 실용화가 가능한 최대 자기에너지밀도를 나타내었으며 특히 발명예(9-11)에서와 같이 x=0.8~1.5의 조성범위에서 SmFe<sub>x</sub>V<sub>x</sub> 화합물의 자기특성이 월등히 향상되어 최대자기 에너지밀도 4.5 MGOe 이상임을 알 수 있었다.

[실시예 3]

실시예 1에서와 같이 SmFeTi<sub>x</sub> 화합물을 x=0.2~2.0의 조성으로 하여 실시예 1과 동일한 방법으로 급냉을 고린 자성 리본을 제조하고, 각각에 대하여 자기특성 및 큐리온도를 측정하고, 그 결과를 하기표 3에 나타내었다.

[표 3]

SmFeTi <sub>x</sub> 조성	수정방법	임 치 리 전			임 치 리 후			큐리온도 (°C)
		강유자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	강유자력 (kG)	고유보자력 (kOe)	최대자기 에너지밀도 (MGOe)	
발명예 13 x=0.2	수직	5.0	1.3	1.5	5.1	1.1	1.5	190
	수평	5.2	1.3	1.5	5.0	1.2	1.5	
발명예 14 x=0.4	수직	5.8	1.5	2.0	6.0	1.1	2.0	210
	수평	6.0	1.5	2.0	6.2	1.2	2.0	
발명예 15 x=0.6	수직	6.5	1.8	3.4	6.0	2.2	3.4	245
	수평	6.8	2.0	3.5	6.3	2.3	3.4	
발명예 16 x=0.8	수직	4.8	3.3	6.0	4.5	3.3	5.1	240
	수평	5.6	4.0	6.1	6.4	4.0	5.8	
발명예 17 x=1.0	수직	5.2	4.0	6.5	5.0	3.8	5.4	305
	수평	6.6	5.8	6.5	6.5	5.4	6.4	
발명예 18 x=1.5	수직	4.4	5.5	6.4	5.4	4.8	3.8	260
	수평	4.5	5.5	4.0	5.5	5.0	3.8	
발명예 19 x=2.0	수직	4.1	5.1	3.4	4.8	4.0	3.3	260
	수평	4.4	5.0	3.5	5.0	4.0	3.4	

상기 표 3에 나타난 바와같이 발명예(13-19)의 경우에는 실시예(1) 및 (2)의 Mo, V를 첨가한 경우와 마찬가지로 자기특성이 우수하며 실용화가 가능한 최대 자기에너지밀도를 나타내었으며, 특히 발명예(16-18)의 경우에서와 같이 x=0.8~1.5의 조성범위에서 SmFeTi<sub>x</sub> 화합물의 자기특성이 월등히 향상되어 최대 자기에너지

자석이 4.0 MGOe 이상임을 알 수 있었다.

[실시예 4]

실시예 1에서와 같이  $\text{SmFe}_x\text{M}$  화합물 조성중 대표적으로  $x=0.8$  및  $x=1.0$ 에서 높은 자기특성을 나타내므로 조성을  $x=0.8$  및  $1.0$ 으로 하고, Mo, V, Nb 및 Ti의 각 원소에 대하여 실시예 1과 동일한 방법으로 급냉 용고된 자성리본을 제조하고, 각각에 대하여 자기특성 및 큐리온도를 측정하고, 그 결과를 하기표 4에 나타내었다.

[표 4]

조성	측정방법	양자역학			정리리온			큐리온도 (°C)
		한쪽자화 (kG)	고유자화 (kOe)	최대자화 에너지적 (MGOe)	한쪽자화 (kG)	고유자화 (kOe)	최대자화 에너지적 (MGOe)	
발명예 4 $\text{SmFe}_{1-x}\text{Mo}_x$	수직	4.80	3.66	5.07	4.35	3.0	3.20	241
	수평	6.53	4.0	5.05	6.17	3.1	3.70	
발명예 5 $\text{SmFe}_x\text{Mo}$	수직	6.13	4.4	5.17	4.70	3.44	3.44	224
	수평	6.45	4.9	5.50	6.0	3.35	3.74	
발명예 9 $\text{SmFe}_x\text{V}_x$	수직	4.5	3.0	4.5	5.35	3.0	4.20	304
	수평	6.5	3.9	4.4	6.4	3.3	4.0	
발명예 10 $\text{SmFe}_x\text{V}$	수직	5.13	5.0	5.10	5.0	4.5	5.0	355
	수평	6.5	6.0	6.5	6.3	6.0	6.0	
발명예 20 $\text{SmFe}_x\text{Nb}_x$	수직	5.0	3.5	3.5	5.0	2.4	2.5	187
	수평	5.0	3.1	3.7	4.6	2.8	1.8	
발명예 21 $\text{SmFe}_x\text{Nb}$	수직	3.5	2.4	3.0	3.0	2.4	2.4	194
	수평	4.8	3.2	3.9	4.6	3.4	3.3	
발명예 16 $\text{SmFe}_x\text{Ti}_x$	수직	4.8	3.3	5.0	4.8	3.3	5.4	240
	수평	6.6	4.0	5.1	6.4	4.0	5.8	
발명예 17 $\text{SmFe}_x\text{Ti}$	수직	5.3	4.0	5.5	5.0	3.8	5.4	305
	수평	6.8	5.8	6.5	6.5	5.4	6.4	

상기 표 4에 나타난 바와같이 발명예(9-10) 및 발명예(16-17)의 화합물의 경우가 자기특성이 가장 우수하며 특히 큐리온도의 향상이 뚜렷하므로 실용화의 가능성이 가장 큼을 알 수 있다.

또한, 상기  $\text{SmFeMox}$ ,  $\text{SmFeVx}$ ,  $\text{SmFeNbx}$  및  $\text{SmFeTix}$  화합물 모두 열처리 후에는 자기 특성이 열화되므로 실제 자석 제조시에는 급속냉각된 그 상태로 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

상술한 바와같이, 본 발명은 Sm을 Fe에 용이하게 고용할 수 있도록 제3의 원소인 Mo, V, Ti 및 Nb 중에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 첨가하여 조성한  $\text{SmFeMx}$ (M은 상기 제3의 원소)의 조성을 본 발명 범위로 하고 그 조성을 개선함으로써, 자기특성이 우수하면서 저렴하여 실용화될 수 있기 때문에 수지자석용 영구자석 분말재료로 사용되는 효과가 있는 것이다.

(5) 청구의 범위

청구항 1

수지자석용 영구자석 재료에 있어서,  $\text{SmFe}_x\text{Mx}$  화합물 조성식을 갖고, M은 Mo, V, Nb 및 Ti 중에서 선택된 1종 또는 2종 이상이며, x는 0.2~2.0의 조성범위로 이루어짐을 특징으로 하는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 x가 0.8~1.5의 조성범위로 이루어짐을 특징으로 하는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 화합물이  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})$ , 주자성상,  $\text{Sm}(\text{Fe}, \text{M})_2$  약자성상,  $\text{Fe}_3\text{M}$ 상 및  $\alpha\text{-Fe}$ 의 복합상 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 수지 자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 주자성상의 결정입도가  $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 임을 특징으로 하는 수지 자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료.

**청구항 5**

수지자석용 영구자석 재료의 재료의 제조방법에 있어서,  $\text{SmFe}_{1-x}\text{M}_x$  화합물 조성식을 갖고, M은 Mo, V, Nb 및 Ta 중에서 선택된 1종 또는 2종이상이며, x는 0.2~2.0의 조성범위로 이루어진 모재를 진공용해한 후,  $10^\circ \sim 10^\circ \text{C}/\text{초}$ 의 냉각속도로 급냉시키는 것을 특징으로 하는 수지자석용 Sm-Fe계 영구자석 재료의 제조방법.